

本地震以前の2002年6月までの観測地震動を用いて、これまで防災科学技術研究所のK-NETおよびKiK-Net、および気象庁敷設の震度計ネットワークの各観測点のサイト特性(地震基盤に対する各点の相対増幅率で水平2成分のRMS値)をスペクトル分離手法により分離している。またK-NETおよびKiK-Net観測点については、観測サイト特性をターゲットに公表されているボーリング情報を拘束条件として、それ以深のS波速度構造を同定している(川瀬・松尾, 2004a; 川瀬・松尾, 2004b)。以下はそのうち、新潟県の震源域付近のサイト特性についてまとめたものである。同定の結果は満足のいくものではなく現在再解析中であるが、今後の解析の参考にしていただければ幸いである。なお上述のように、これらのサイト特性算定には今回の地震の記録は含まれておらず、しかも過去の記録のうち200Gal以下の記録に限って解析した結果であり、本震の際には地盤の非線形性により異なった特性となっていたものと考えられるので、その点留意されたい。

1) K-NET 観測点

K-NET観測点としては新潟県内には28点が敷設されている。表1にその観測点リストを示す。ここで震源域に近い観測点はNIG017(長岡・千手小)、NIG019(小千谷・小千谷小)、NIG020(小出)、NIG021(十日町)である。以下この4地点でのサイト特性と理論増幅率を示す。

図1はNIG017地点での分離解析によって求めたサイト特性(黒い細線)と、K-NETサイトで実施されたボーリング結果だけに基づいて求めたS波の理論次元地盤増幅率(赤い太線)、および分離されたサイト特性をターゲットにボーリング結果の構造の最下層の層厚とその下の3層のS波速度と層厚を逆算した場合のS波の理論次元地盤増幅率(青い太線)を示す。観測サイト特性には1Hz、3Hz、5Hz、7Hzに明瞭なピークが見られ、その倍率は10倍もしくはそれ以上となっている。表層20mまでのボーリング調査の結果だけでは最も増幅の大きな7Hzのピークだけしか説明できないが、その最下層($V_s=330\text{m/sec}$)の層厚を12mとし、その下に $V_s=720\text{m/sec}$ の層を仮定することなどにより、図1の青い太線が示すように観測サイト特性をよく説明することができる。この地点での地震基盤(S波速度で 3.0km/sec 以上の層)までの深さは320mと得られた。同定された速度構造を図2に示す。横軸はS波速度(m/sec)、縦軸は深さ(m)である。なおボーリングデータのある層についてはそれを尊重し一切修正していない。

表1 新潟県のK-NET観測点

Code	名称	北緯	東経	標高
NIG001	岩谷口	38.2555	138.4369	6
NIG002	両津	38.0716	138.443	1
NIG003	佐和田	37.9947	138.3258	4
NIG004	小木	37.8175	138.2827	40
NIG005	松ヶ崎	37.9175	138.5013	4
NIG006	寒川	38.4472	139.4994	6
NIG007	村上	38.2272	139.4897	8
NIG008	中条	38.05	139.4088	23
NIG009	新発田	37.9477	139.3408	11
NIG010	新潟	37.9116	139.014	6
NIG011	新津	37.7983	139.1475	7
NIG012	鹿瀬	37.6833	139.4805	68
NIG013	巻	37.7608	138.8866	7
NIG014	三条	37.638	138.9591	9
NIG015	村松	37.6905	139.1919	34
NIG016	寺泊	37.6391	138.7708	32
NIG017	長岡	37.4386	138.8463	22
NIG018	柏崎	37.3694	138.5611	10
NIG019	小千谷	37.3027	138.793	52
NIG020	小出	37.2302	138.9652	93
NIG021	十日町	37.125	138.75	147
NIG022	塩沢	37.0333	138.8494	182
NIG023	津南	37.0116	138.6561	241
NIG024	安塚	37.1238	138.4472	80
NIG025	直江津	37.1577	138.2266	11
NIG026	新井	37.0197	138.2538	70
NIG027	糸魚川	37.0205	137.8655	106
NIG028	長岡	37.4231	138.8894	0

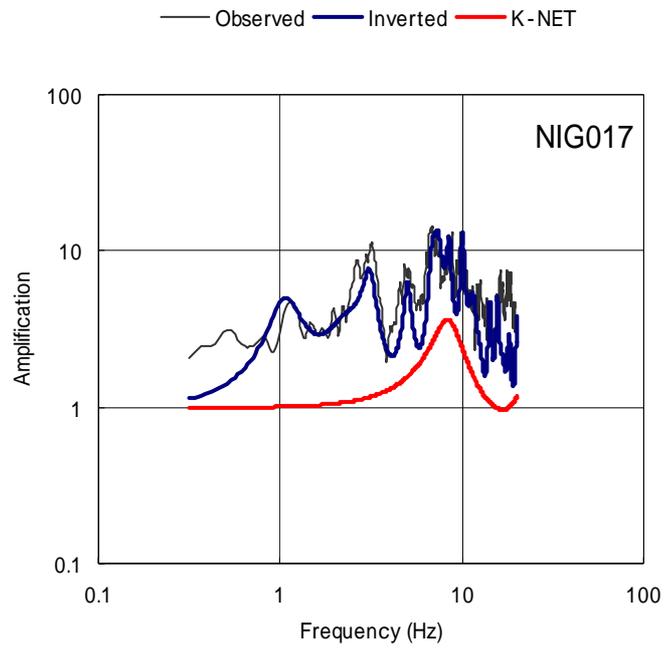


図1 NIG017(長岡)のサイト特性と理論増幅特性

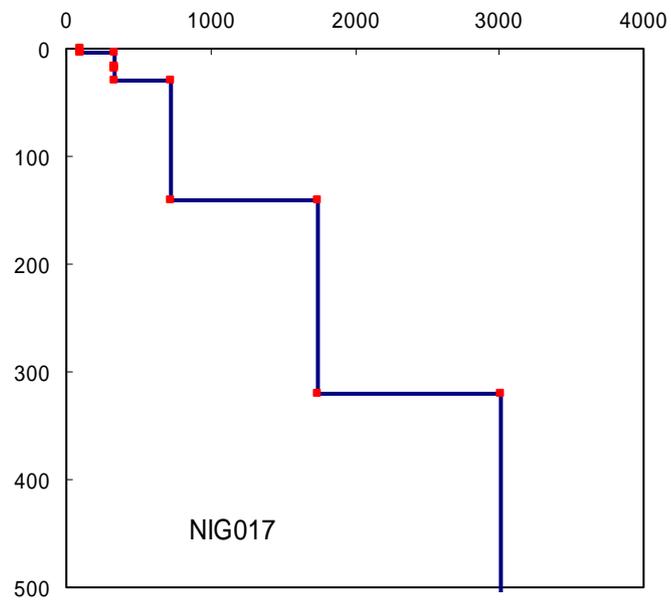


図2 NIG017(長岡)で同定されたS波速度構造

図3・図4には同じく NIG019(小千谷)のサイト特性とその理論増幅率、および S 波速度構造を示す。NIG019 の場合にはピークの幅が広く、同定モデルはあまりうまく観測を説明できていない。基盤も浅く求まっているが 1 秒のピークが説明できておらず、実際はもっと深いものと推察される。

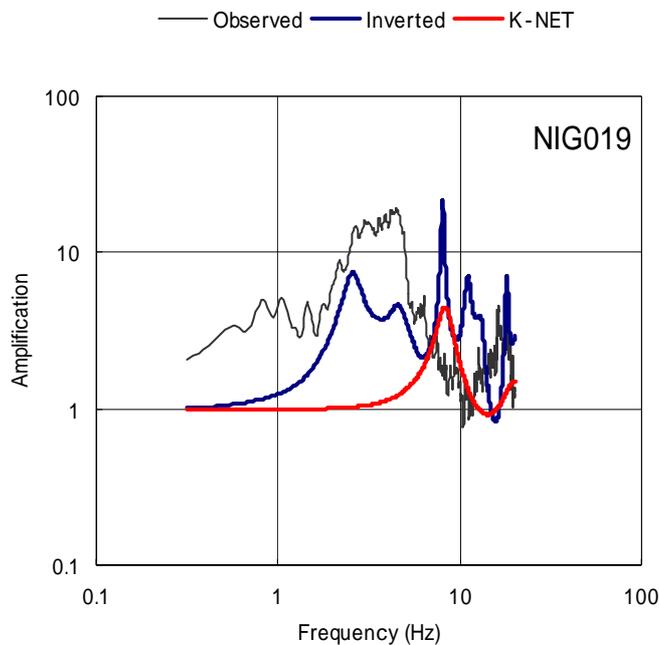


図3 NIG019(小千谷)のサイト特性と理論増幅特性

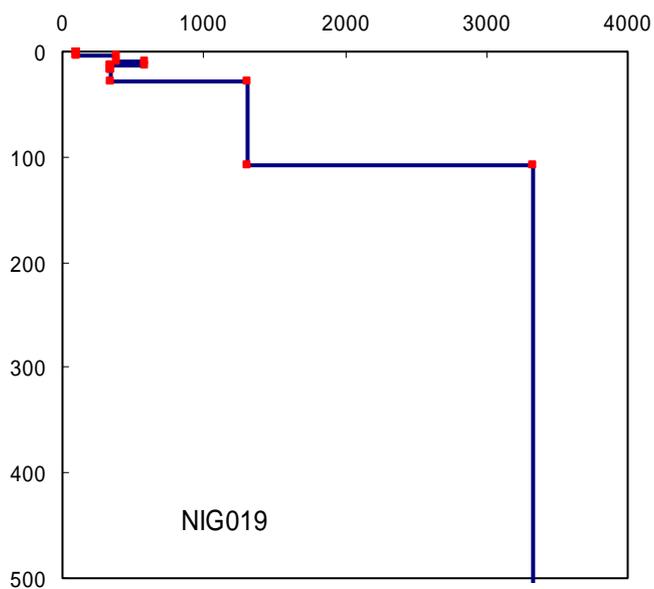


図4 NIG019(小千谷)で同定された S 波速度構造

図5・図6には NIG020 の、図7・図8には NIG021 のサイト特性とその理論増幅率、および S 波速度構造を示す。小出は山間部に位置するが信濃川支流の魚野川に近く、かなりの増幅が見られる。十日町も山間部ではあるが活褶曲にはさまれた場所に位置し、増幅は低振動数からかなり大きい。

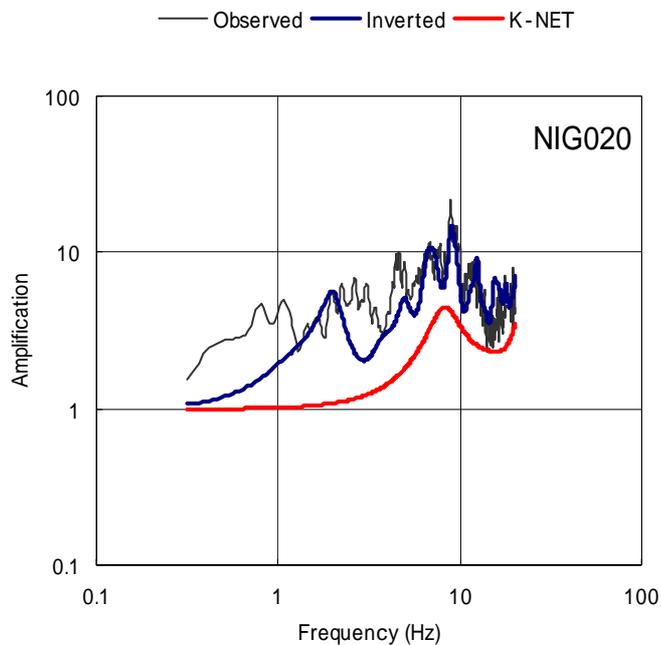


図5 NIG020(小出)のサイト特性と理論増幅特性

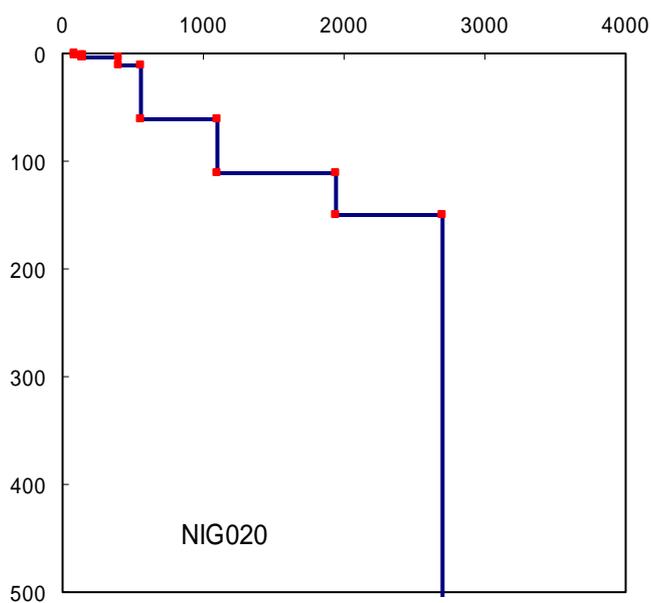


図6 NIG020(小出) で同定された S 波速度構造

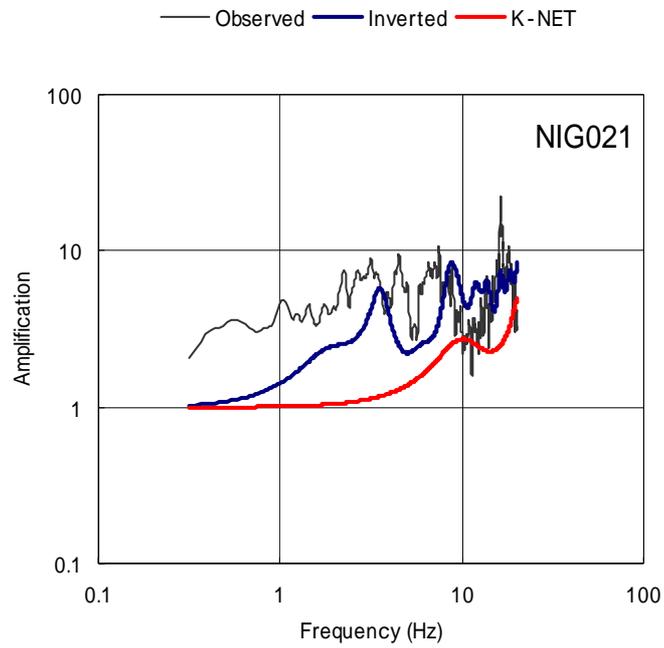


図 7 NIG021(十日町)のサイト特性と理論増幅特性

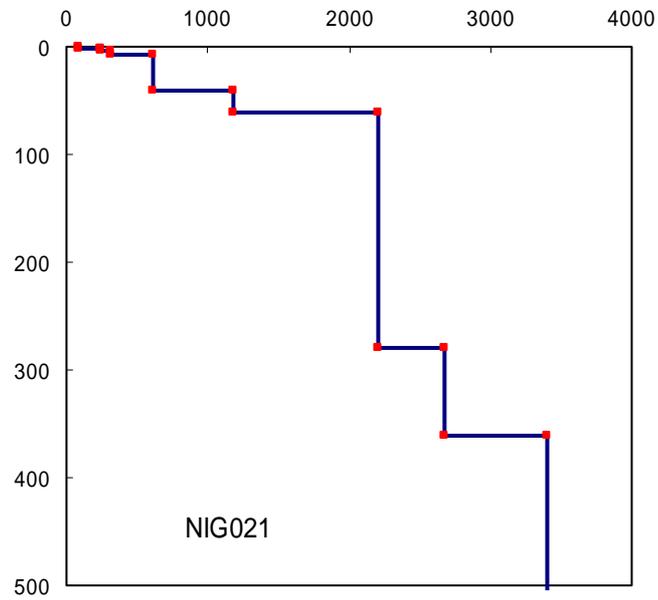


図 8 NIG021(十日町) で同定された S 波速度構造

2) KiK-Net 観測点

KiK-Net 観測点としては新潟県内には 19 点が敷設されている。表 1 にその観測点リストを示す。ここで震源域に近い観測点は NIGH01(長岡)および NIGH12(湯乃谷)である。以下この 2 地点でのサイト特性と理論増幅率を示す。ただし NIGH01 についてはボーリング調査結果がなく、速度構造の同定はできていない。

表 2 新潟県の KiK-Net 観測点

Code	名称	北緯	東経	標高	深度
NIGH01	長岡	37.4242	138.8908	85	100
NIGH02	朝日	38.2769	139.5519	34	105
NIGH03	荒川	38.1297	139.4322	6	221
NIGH04	関川	38.1283	139.5461	78	100
NIGH05	聖籠	37.9731	139.2819	9	147
NIGH06	加茂	37.6497	139.0708	30	100
NIGH07	村松	37.6628	139.2642	75	106
NIGH08	津川	37.6678	139.4681	68	300
NIGH09	下田	37.5356	139.1311	93	100
NIGH10	上川	37.5408	139.3681	218	100
NIGH11	川西	37.1697	138.7472	165	205
NIGH12	湯之谷	37.2208	138.9853	110	110
NIGH13	牧	37.0514	138.3997	230	100
NIGH14	塩沢	37.0272	138.8553	185	387
NIGH15	六日	37.0503	138.9983	358	100
NIGH16	糸魚川	36.9347	137.8511	149	100
NIGH17	妙高高原	36.8539	138.0997	1305	150
NIGH18	妙高	36.9394	138.2625	240	110
NIGH19	湯沢	36.8083	138.7881	985	100

図9に NIGH01(長岡)の分離されたサイト特性を示す。この図を図1の K-NET 長岡と比較するとこちらの方が増幅率が小さいことがわかる。これは KiK-Net 観測点は同じ長岡でも東側の丘陵地帯に設置されているためと考えられる。図10には NIGH12(湯乃谷)のサイト特性とその理論増幅率を示す。

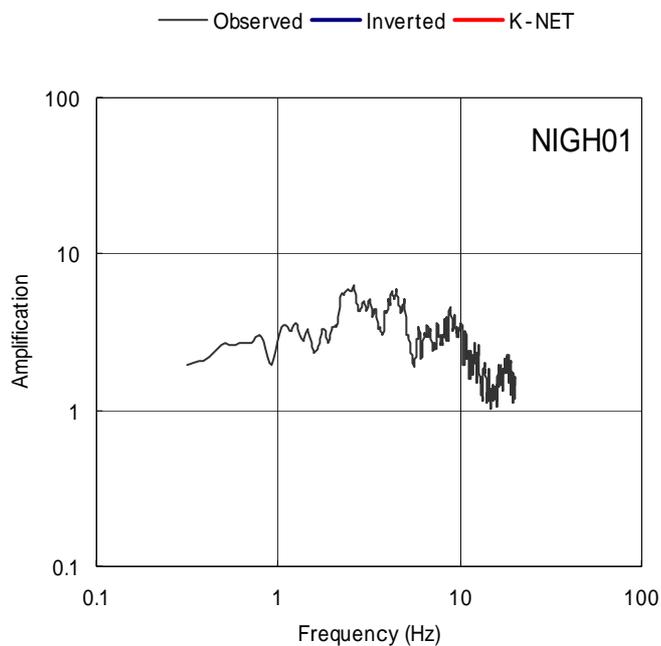


図9 NIGH01(長岡)のサイト特性

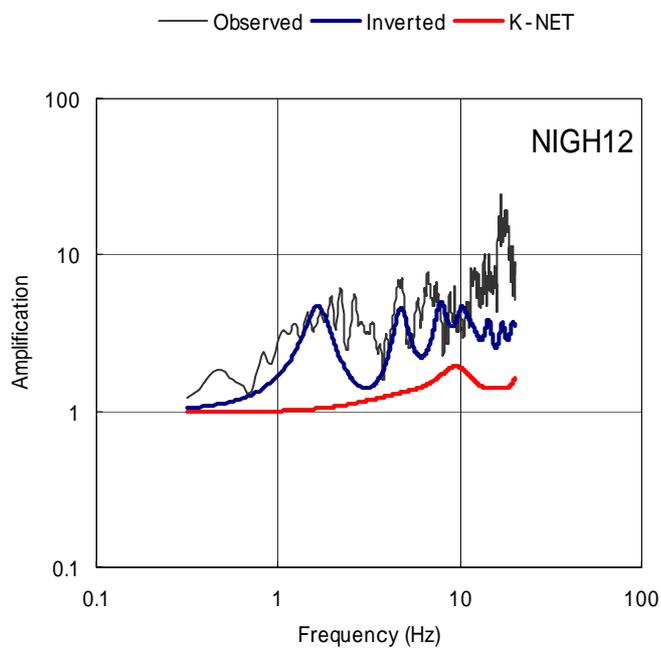


図10 NIGH12(湯乃谷)のサイト特性と理論増幅特性

図 11 には同定で得られた NIGH12(湯乃谷)の S 波速度構造を示す。山間部の観測点であり、かなり速度が高いことは確かであるが、基盤に達するまでには 200m 近くかかり、第三紀層あるいは基盤の風化層が厚いことを示唆している。

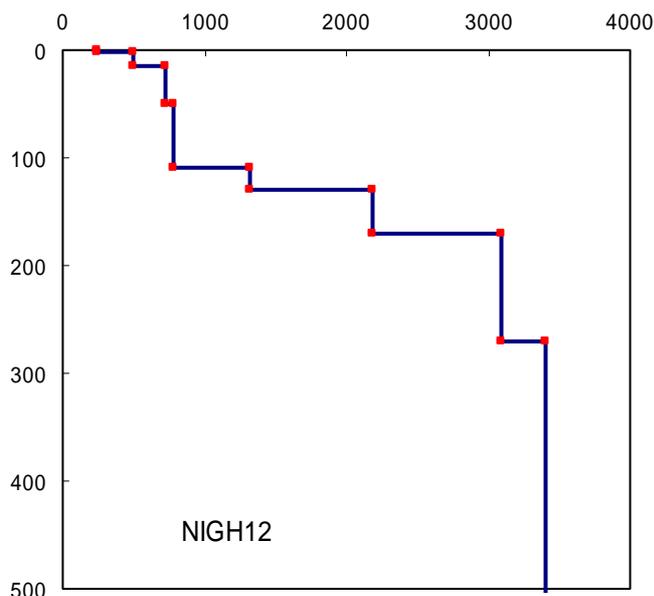


図 11 NIGH12(湯乃谷) で同定された S 波速度構造

3) 気象庁震度計ネットワーク

気象庁の震度計ネットワークは県別となっていないので新潟県だけの観測点リストを作成することはなかなか困難である。緯度・経度からざっと探したリストを表 3 に示す。このうち、震源域の観測点は 90F(六日町)、530(長岡市幸町、長岡市役所)、および 532(小千谷市城内、小千谷消防署)であるが、長岡市役所については 2002 年 6 月までのデータを用いた解析では十分な記録が得られていなかったためサイト特性は分離されていない。

図 12 には六日町と小千谷市城内のサイト増幅特性を示す。JMA はボーリングデータがないので地盤構造の同定は行っていない。このサイト特性を見ると、小千谷市城内では 2.2Hz で約 60 倍もの増幅があり、K-NET の NIG019 サイトよりも大きな増幅があることがわかる。また六日町では山間部でありながら 1 秒付近が卓越し、高振動数成分が減少する堆積層上の観測点のような特性を示していることがわかる。

表 3 気象庁震度計の新潟県内の観測点リスト

Hex Code	Code	観測点住所	緯度	経度
531	41329	糸魚川市一の宮	37 ° 02.2'	137 ° 52.0'
90F	42319	六日町伊勢町	37 ° 03.7'	138 ° 52.7'
E1C	47612	上越市大手町	37 ° 06.3'	138 ° 15.0'
532	41330	小千谷市城内	37 ° 18.6'	138 ° 47.7'
530	41328	長岡市幸町	37 ° 26.0'	138 ° 50.5'
8B3	42227	船引町船引	37 ° 26.3'	140 ° 34.4'
90D	42317	村松町大手通	37 ° 41.4'	139 ° 10.6'
90E	42318	巻町巻	37 ° 41.5'	138 ° 53.5'
52F	41327	新津市程島	37 ° 47.1'	139 ° 07.0'
E14	47604	新潟市幸西	37 ° 54.6'	139 ° 03.1'
E12	47602	新潟相川町三丁目	38 ° 01.6'	138 ° 14.6'
90C	42316	中条町新和町	38 ° 03.4'	139 ° 24.8'
52E	41326	村上市塩町	38 ° 13.5'	139 ° 28.7'

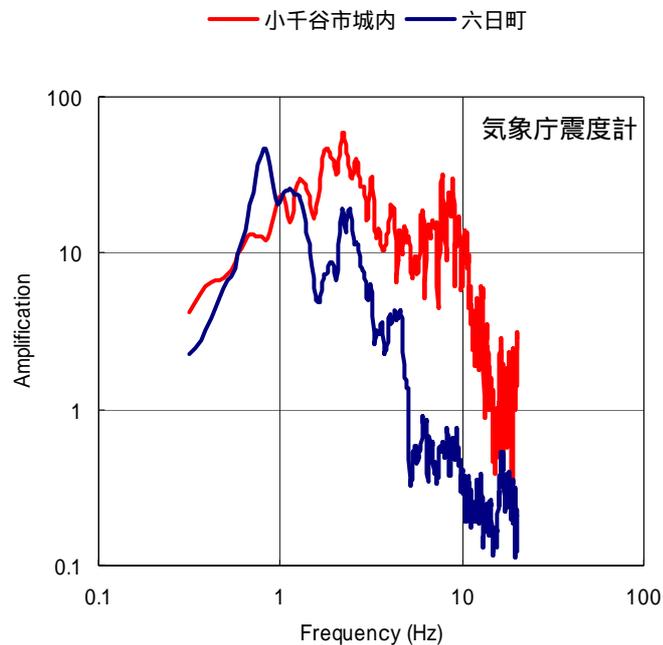


図 12 気象庁震度観測点のサイト特性

参考文献

- 川瀬博・松尾秀典：K-NET, KiK-Net, JMA 震度計観測網による強震記録から分離したサイト増幅特性と S 波速度構造との対応, 日本地震工学会論文集, 第 4 巻, 第 4 号, 126-145, 2004.
- 川瀬博・松尾秀典：K-NET, KiK-Net, JMA 震度計観測網による強震動波形を用いた震源・パス・サイト各特性の分離解析, 日本地震工学会論文集, 第 4 巻, 第 1 号, 33-52, 2004.